

# ORTHOGONAL FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEX SYSTEM AND TRANSMITTER/RECEIVER

**Publication number:** JP2003169036 (A)

**Publication date:** 2003-06-13

**Inventor(s):** MASUI ATSUYOSHI; FUJII TERUYA +

**Applicant(s):** JAPAN TELECOM CO LTD +

**Classification:**


- international: **H04B7/26; H04J11/00; H04B7/26; H04J11/00; (IPC1-7): H04B7/26; H04J11/00**

- European:

**Application number:** JP20010366285 20011130

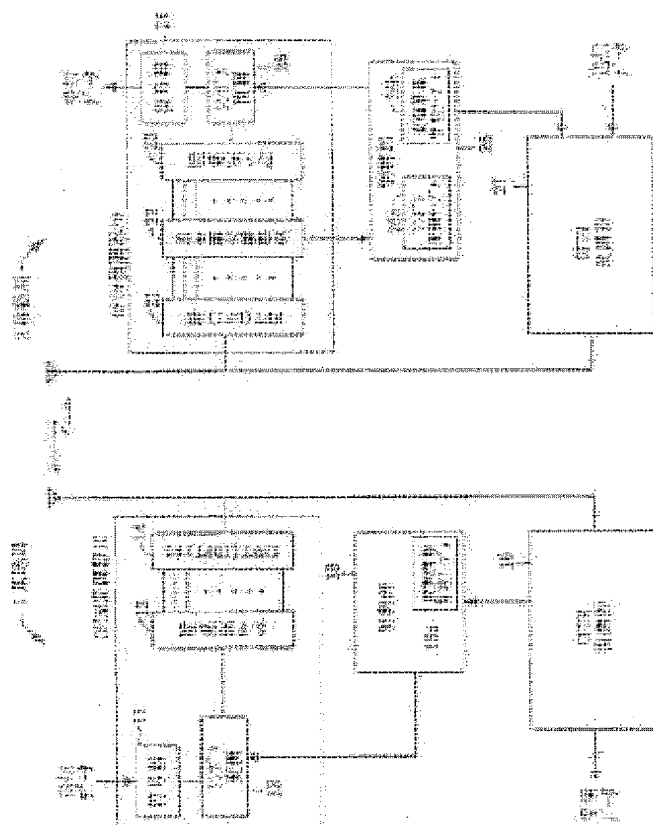
**Priority number(s):** JP20010366285 20011130

**Also published as:**

 **JP3875086 (B2)**

## Abstract of JP 2003169036 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the processing quantity of control over a modulation system by reducing the amount of control information. ; **SOLUTION:** A received electric power measurement part 22 measures the received electric power of each subcarrier of an OFDM signal to put together continuous subcarriers having received electric power which do not exceed a threshold  $[\Delta]E$  preliminarily set in a control part 26 in a block. Modulation information consisting of modulation system specification information specifying a modulation system corresponding to the received electric power of each block and the head subcarrier numbers of the respective blocks is generated by the control part 26 and reported from a mobile station 2 to a base station 1. ; The base station 1 stores the modulation information in a modulation information management table 15a in a control part 15 and controls modulation systems of the respective subcarriers of the OFDM signal to be sent to the mobile station 2, block by block, according to the modulation information. ; **COPYRIGHT: (C)2003,JPO**



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-169036

(P2003-169036A)

(43) 公開日 平成15年6月13日 (2003.6.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z 5 K 0 2 2

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

1 0 2 5 K 0 6 7

1 0 2

C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2001-366285(P2001-366285)

(22) 出願日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(71) 出願人 502306660

日本テレコム株式会社

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号

(72) 発明者 舩井 淳祥

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本

テレコム株式会社内

(72) 発明者 藤井 輝也

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本

テレコム株式会社内

(74) 代理人 100102635

弁理士 浅見 保男 (外4名)

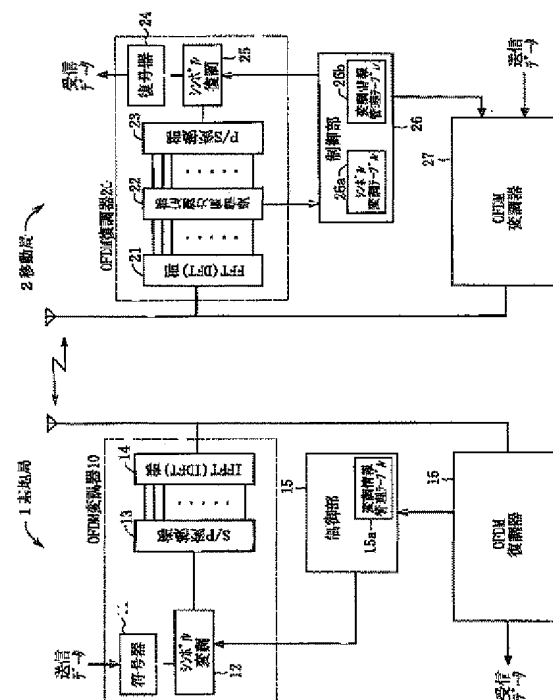
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重システムおよび送受信装置

(57) 【要約】

【課題】 制御情報量を低減して、変調方式の制御の処理量を低減する。

【解決手段】 OFDM信号の各サブキャリアの受信電力を受信電力測定部22で測定することにより、制御部26において予め設定されている $\Delta E$ のしきい値を超えない受信電力とされている、連続するサブキャリアをブロックにまとめる。各ブロックの受信電力に対応する変調方式を指定する変調方式指定情報と、各ブロックの先頭サブキャリア番号とからなる変調情報を制御部26で作成し、移動局2から基地局1へ通知する。基地局1は、変調情報を制御部15内の変調情報管理テーブル15aに保管し、この変調情報に基づいて移動局2へ送信するOFDM信号における各サブキャリアの変調方式をブロック毎に制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信側から固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を、受信側において受信し、受信された前記直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめ、該ブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値の大きさに応じて決定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報を前記送信側へ通知し、前記変調情報を受け取った前記送信側において、直交周波数分割多重信号を構成する複数のサブキャリアを、前記変調情報の内の前記サブキャリアの番号に基づいてブロックに分割すると共に、前記変調情報の内の前記変調方式指定情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの変調方式を制御するようにしたことを特徴とする直交周波数分割多重システム。

【請求項2】 送信側から固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を、受信側において受信し、受信された前記直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめ、該ブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値と複数の規定受信電力との差分が最も小さい規定受信電力値を決定し、該決定された規定受信電力値に応じて指定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報、および、前記受信電力値と前記決定された規定受信電力との差分に応じた送信電力の制御情報とを前記送信側へ通知し、前記変調情報と前記制御情報とを受け取った前記送信側において、直交周波数分割多重信号を構成する複数のサブキャリアを、前記変調情報の内の前記サブキャリアの番号に基づいてブロックに分割すると共に、前記変調情報の内の前記変調方式指定情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの変調方式を制御し、さらに、前記制御情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの送信電力を制御するようにしたことを特徴とする直交周波数分割多重システム。

【請求項3】 サブキャリア間の受信電力の差が所定のしきい値内に収まるサブキャリアをまとめることにより、前記ブロックに分割するようにしたことを特徴とする請求項1あるいは2記載の直交周波数分割多重システム。

【請求項4】 前記複数のサブキャリアが前記ブロックに分割された際に、分割されたブロックに含まれるサブキャリア数が最小値のブロックを求め、全てのブロックのブロック長を前記求められたブロックのブロック長とするようにしたことを特徴とする請求項1あるいは2記載の直交周波数分割多重システム。

【請求項5】 サブキャリア数に対するそのサブキャリア数が存在する確率分布の累積値のテーブルを参照して、ブロックに分割する際のサブキャリア数を求めるようにしたことを特徴とする請求項1あるいは2記載の直交周波数分割多重システム。

【請求項6】 受信側における受信電力が予め定められた最小受信電力値に達しないブロックについては、送信側において前記変調情報あるいは前記制御情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの送信電力をゼロとして、シンボル送信を行わないようにしたことを特徴とする請求項1あるいは2記載の直交周波数分割多重システム。

【請求項7】 直交周波数分割多重信号を送受信可能な送受信装置であって、固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめる分割手段と、該分割手段において分割されたそれぞれのブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、前記分割されたそれぞれのブロックにおける受信電力値の大きさに応じて決定した変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報を作成する制御手段とを備え、前記変調情報を、前記制御手段の制御の基で所定の周期毎に送信するようにしたことを特徴とする送受信装置。

【請求項8】 直交周波数分割多重信号を送受信可能な送受信装置であって、固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめる分割手段と、該分割手段において分割されたそれぞれのブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値と複数の規定受信電力との差分が最も小さい規定受信電力値を決定し、該決定された規定受信電力値に応じて指定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報、および、前記受信電力値と前記決定された規定受信電力との差分に応じた送信電力の制御情報とを作成する制御手段とを備え、前記変調情報および制御情報とを、前記制御手段の制御の基で所定の周期毎に送信するようにしたことを特徴とする送受信装置。

【請求項9】 サブキャリア間の受信電力の差が所定のしきい値内に収まるサブキャリアをまとめることにより、前記ブロックに分割するようにしたことを特徴とする請求項7あるいは8記載の送受信装置。

【請求項10】 前記複数のサブキャリアが複数のブロックに分割された際に、分割されたブロックに含まれるサブキャリア数が最小値のブロックを求め、全てのブロックのブロック長を前記求められたブロックのブロック

長とするようにしたことを特徴とする請求項7あるいは8記載の送受信装置。

【請求項11】 サブキャリア数に対するそのサブキャリア数が存在する確率分布の累積値のテーブルを参照して、ブロックに分割する際のサブキャリア数を求めるようにしたことを特徴とする請求項7あるいは8記載の送受信装置。

【請求項12】 受信電力が予め定められた最小受信電力値に達しないブロックについては、前記制御手段は、当該ブロックのサブキャリアの送信電力をゼロとして、シンボル送信を行わないようにする変調情報あるいは制御情報を作成するようにしたことを特徴とする請求項7あるいは8記載の送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多数の直交するサブキャリアを用いる直交周波数分割多重システムに関する。

【0002】

【従来の技術】ヨーロッパやカナダにおいて移動体向け高品質デジタル音声放送（DSB: Digital Sound Broadcasting）の開発が進められている。この音声放送システムではマルチパス伝送路でも良好な伝送特性を有する直交周波数分割多重通信方式（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）が採用されている。このOFDM通信方式は、情報データ系列を互いに直交する多数のサブキャリアを用いて伝送するようにしている。この場合、1シンボル長を長くすることができることから、ゴースト妨害を軽減することができるようになる。さらに、ガードインターバルを設けることにより周波数選択性フェージングに強くなる。また、時間インターリーブに加えて周波数インターリーブも可能であり、誤り訂正の効果を有効に使えるようになる。さらに、各サブキャリアのスペクトルを密に配置することができ、周波数利用効率を高めることができる。さらにまた、各サブキャリアへの情報を任意に割り当てることができるため、干渉が予想されるサブキャリアは使用しない等の柔軟な情報伝送を可能とすることができる。さらにまた、各サブキャリアの変調方式を変える等により情報の階層化を容易とすることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、高速伝送を行う場合の一つの方法として多値変調を行う方法がある。OFDM通信方式においても、サブキャリアを多値変調することにより高速のデータ伝送を実現することができる。しかし、OFDM通信方式において周波数選択性フェージングを受けると、次のように受信電力が変動することになる。例えば、図19はOFDM通信方式における送信されたOFDM信号の一例である。このOFDM信号は多数のサブキャリアから構成されており、各

々のサブキャリアは等しい送信電力で送信されている。このようなOFDM信号が、マルチパス環境を伝搬すると周波数選択性フェージングの影響を受けて、サブキャリア間の受信電力は図20に示すように変動するようになる。この場合、サブキャリア間の受信電力の変動特性は、伝搬路の環境により様々に変化するようになる。

【0004】このようにサブキャリア間の受信電力が変動した場合は、受信電力が最も小さいサブキャリアにおいて所要の誤り率を上昇させないために、各サブキャリアの変調多値数を低減する必要がある。すると、所定の高速伝送を実現することができないことになってしまう。これを解決するために、全てのサブキャリアに対し一律な多値数の多値変調方式を用いるのではなく受信電力が大きいサブキャリアには例えば大きな多値数の64QAM、低いサブキャリアには小さな多値数のBPSKと、サブキャリアごとの受信電力に応じて多値数の異なるシンボル変調方式に変更することが検討されている（信学論 J78-B-II, No6, pp.435-444 参照）。

【0005】しかし、サブキャリアごとにシンボル変調方式を決める方法は、送受信機間でサブキャリア毎の変調方式の通知が必要となり、そのための通知情報量、通知情報を記憶する記憶手段の記憶容量及び通知情報に基づいて実行する制御の制御量が大きくなるという問題点があった。またその制御量はサブキャリア数に依存するためサブキャリア数が多くなるに伴い制御量は増加し、その実現が困難になると考えられる。これを解決するために、サブキャリアをグループ化することにより通知情報量や制御量を削減することが検討されている（信学技報 RCS2001-109(2001-09) Yuanrun Teng 外3名「適応変調を用いたバーストモードOFDM通信方式に関する検討」参照）。しかしながら、サブキャリアをグループ化して扱うこの検討については、グループ化の有効性については述べられているものの、グループに含まれるサブキャリア数は同数とされており、伝搬路環境の変化に応じた適応的なグループ化がされていないという問題点があった。

【0006】そこで、本発明は、伝搬路環境の変化に応じていくつかのサブキャリアをまとめたブロックとすることができると共に、制御量を増加させることなく各サブキャリアの変調方式を制御することのできる直交周波数分割多重システムおよび送受信機を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の直交周波数分割多重システムは、送信側から固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を、受信側において受信し、受信された前記直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめ、該ブロックにおける特定の位

置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値の大きさに応じて決定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報を前記送信側へ通知し、前記変調情報を受け取った前記送信側において、直交周波数分割多重信号を構成する複数のサブキャリアを、前記変調情報の内の前記サブキャリアの番号に基づいてブロックに分割すると共に、前記変調情報の内の前記変調方式指定情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの変調方式を制御するようにしている。

【0008】次に、上記目的を達成することのできる本発明の第2の直交周波数分割多重システムは、送信側から固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を、受信側において受信し、受信された前記直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめ、該ブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値と複数の規定受信電力との差分が最も小さい規定受信電力値を決定し、該決定された規定受信電力値に応じて指定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報、および、前記受信電力値と前記決定された規定受信電力との差分に応じた送信電力の制御情報とを前記送信側へ通知し、前記変調情報と前記制御情報とを受け取った前記送信側において、直交周波数分割多重信号を構成する複数のサブキャリアを、前記変調情報の内の前記サブキャリアの番号に基づいてブロックに分割すると共に、前記変調情報の内の前記変調方式指定情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの変調方式を制御し、さらに、前記制御情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの送信電力を制御するようにしている。

【0009】また、上記本発明の第1および第2の直交周波数分割多重システムにおいて、サブキャリア間の受信電力の差が所定のしきい値内に収まるサブキャリアをまとめることにより、前記ブロックに分割するようにしてもよい。さらに、上記本発明の第1および第2の直交周波数分割多重システムにおいて、前記複数のサブキャリアが前記ブロックに分割された際に、分割されたブロックに含まれるサブキャリア数が最小値のブロックを求め、全てのブロックのブロック長を前記求められたブロックのブロック長とするようにしてもよい。

【0010】さらにまた、上記本発明の第1および第2の直交周波数分割多重システムにおいて、サブキャリア数に対するそのサブキャリア数が存在する確率分布の累積値のテーブルを参照して、ブロックに分割する際のサブキャリア数を求めるようにしてもよい。さらにまた、上記本発明の第1および第2の直交周波数分割多重システムにおいて、受信側における受信電力が予め定められた最小受信電力値に達しないブロックについては、送信側において前記変調情報あるいは前記制御情報に基づいて当該ブロックのサブキャリアの送信電力をゼロとし

て、シンボル送信を行わないようにしてもよい。

【0011】次に、上記目的を達成することのできる本発明の第1の送受信装置は、直交周波数分割多重信号を送受信可能な送受信装置であって、固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめる分割手段と、該分割手段において分割されたそれぞれのブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、前記分割されたそれぞれのブロックにおける受信電力値の大きさに応じて決定した変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報を作成する制御手段とを備え、前記変調情報を、前記制御手段の制御の基で所定の周期毎に送信するようにしている。

【0012】次に、上記目的を達成することのできる本発明の第2の送受信装置は、直交周波数分割多重信号を送受信可能な送受信装置であって、固定の送信電力で送信された直交周波数分割多重信号を構成している複数のサブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかの前記サブキャリアからなるブロックにまとめる分割手段と、該分割手段において分割されたそれぞれのブロックにおける特定の位置のサブキャリアの番号と、それぞれの前記ブロックにおける受信電力値と複数の規定受信電力との差分が最も小さい規定受信電力値を決定し、該決定された規定受信電力値に応じて指定された変調多値数の変調方式指定情報とからなる変調情報、および、前記受信電力値と前記決定された規定受信電力との差分に応じた送信電力の制御情報とを作成する制御手段とを備え、前記変調情報および制御情報とを、前記制御手段の制御の基で所定の周期毎に送信するようにしている。

【0013】また、上記本発明の第1および第2の送受信装置において、サブキャリア間の受信電力の差が所定のしきい値内に収まるサブキャリアをまとめることにより、前記ブロックに分割するようにしてもよい。さらに、上記本発明の第1および第2の送受信装置において、前記複数のサブキャリアが複数のブロックに分割された際に、分割されたブロックに含まれるサブキャリア数が最小値のブロックを求め、全てのブロックのブロック長を前記求められたブロックのブロック長とするようにしてもよい。

【0014】さらにまた、上記本発明の第1および第2の送受信装置において、サブキャリア数に対するそのサブキャリア数が存在する確率分布の累積値のテーブルを参照して、ブロックに分割する際のサブキャリア数を求めるようにしてもよい。さらにまた、上記本発明の第1および第2の送受信装置において、受信電力が予め定められた最小受信電力値に達しないブロックについては、前記制御手段は、当該ブロックのサブキャリアの送信電力をゼロとして、シンボル送信を行わないようにする変調情報あるいは制御情報を作成するようにしてもよい。

【0015】このような本発明によれば、受信電力に応じてサブキャリアをまとめてブロックとし、ブロック毎に受信電力に応じた変調多値数の変調方式でシンボル変調するようにしている。このように、いくつかのサブキャリアをまとめたブロック毎に変調方式の制御を行うようにしたので、変調情報量を低減することができると共に、制御に要する処理量や変調情報の記憶容量を低減することができるようになる。このような変調方式の制御処理は、送信側から固定の送信電力でパイロット信号が送信される毎に行われるようになる。また、上記したようにブロック化できるのは、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができるからである。このため、そのブロック構成は伝搬路の特定の変化に適應的となり、効率のよい変調多値数とされる変調方式の制御を行うことができるようになる。従って、本発明の直交周波数分割多重システムでは、高速伝送および高品質伝送を可能とすることができる。

【0016】さらに、本発明では、受信電力に応じてまとめたサブキャリアからなるブロック毎に、その受信電力に応じた効率のよい変調多値数とされる変調方式の制御に代えて、指定された変調多値数に適應する受信電力となるように送信電力制御も行うようにすることができる。これにより、周波数分割多重システムを周波数選択性フェージングの影響の変化にさらに適應的とすることができるようになる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムの構成例を図1に示す。ただし、図1には基地局1と1つの移動局2とが示されているが、移動局は多数存在しており、その内の移動局2だけが示されている。また、移動局2は本発明の第1の実施の形態にかかる送受信装置に相当する。図1において、基地局1はOFDM変調器10とOFDM復調器16、およびシンボル変調器12における変調方式の制御を行う制御部15を備えている。このOFDM復調器16は、後述する移動局2におけるOFDM復調器20の受信電力測定部22を省略した構成とされている。送信データはOFDM変調器10における符号器11に印加されて、誤り訂正符号化や圧縮符号化等の符号化が行われる。符号器11から出力される符号化データは、シンボル変調器12において制御部15から指定された変調方式でシンボル変調される。この場合の変調方式の指定は、後述するブロックに収まる符号化データ毎に行われる。

【0018】このシンボル変調器12においては、BPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式の一つがブロック毎に指定されて、当該ブロックに収まる符号化データが指定された変調方式でシンボル

変調される。シンボル変調器12から出力される変調シンボルは、直列-並列変換部(S/P変換部)13において、サブキャリア数に相当する並列数の変調シンボルに変換される。この結果、S/P変換部13から出力される変調シンボルのシンボル速度は1/サブキャリア数に低減されるようになる。S/P変換部13から出力されるサブキャリアの並列数とされる並列変調シンボルは、逆高速フーリエ変換部(IFFT)14において逆フーリエ変換されてOFDM信号とされる。IFFT14は、逆離散フーリエ変換部(IDFT)としてもよい。このOFDM信号は、所定の周波数の搬送波に乗せられて基地局1から送信される。

【0019】このOFDM信号を受信可能な移動局2は、OFDM復調器20とOFDM変調器27、および制御部26とを備えている。このOFDM変調器27は、基地局1におけるOFDM変調器10と同様の構成とされている。移動局2において受信されたOFDM信号は高速フーリエ変換部(FFT)21においてフーリエ変換が施されて、サブキャリア毎に分解される。FFT21を、離散フーリエ変換部(DFT)としてもよい。FFT部21から並列に出力されるサブキャリアの各々の受信電力が、受信電力測定部22において測定され、サブキャリアの各々の受信電力値は制御部26へ供給される。FFT部21から並列に出力されるサブキャリアは、受信電力測定部22を介して並列-直列変換部(P/S変換部)23に供給され、並列とされているサブキャリアの変調シンボルは直列の変調シンボルに変換される。このP/S変換部23から出力されるサブキャリアの変調シンボルは、シンボル復調器25において復調されて復調データとされる。シンボル復調器25においては、送信側において施されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調に応じた復調が行われる。なお、シンボル復調器25には、制御部26に内蔵されている変調情報管理テーブル26bに保管されている各ブロックの変調方式指定情報が供給されており、この変調方式指定情報に基づいて各ブロックにおけるサブキャリアのシンボル復調が行われる。シンボル復調器25から出力される復調データは、復号器24において誤り訂正や伸長処理等が行われて受信データに復号され出力される。

【0020】制御部26は、受信電力測定部22から供給された各サブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかのサブキャリアからなるブロックに分割する。そして、分割したブロックの先頭サブキャリアのサブキャリア番号と、当該ブロックの受信電力に適した変調方式を指定する変調方式指定情報からなる変調情報を作成する。この場合、当該ブロックにおけるサブキャリアの最小の受信電力によりシンボル変調テーブル26aを参照して、当該ブロックに適した変調多値数の変調方式を決定する。決定された変調方式を指定する変調方式指定情

報と、分割したブロックの先頭サブキャリアのサブキャリア番号とは、変調情報管理テーブル26bに変調情報として保管される。この変調情報は、OFDM変調器27に供給され、変調情報が周期的に移動局2から基地局1へ送信されるようになる。この変調情報においては、先頭サブキャリア番号に替えて最後尾サブキャリア番号としてもよい。

【0021】なお、移動局2においてサブキャリアの受信電力を測定するために、基地局1は、送信電力制御が行われていないOFDM変調されたパイロット信号を周期的に送信している。このパイロット信号を送る周期は、伝搬路における周波数選択性フェージングの特性が余り変化しない周期とされる。そして、このパイロット信号の受信電力を移動局2は測定するようにする。この場合、基地局1において変調方式が制御されるチャンネルは、各移動局毎に設定される通信チャンネルとされる。この変調方式の制御は、移動局から送信された変調情報に従って行われるため、移動局毎に異なる変調方式の制御が行われるようになる。

【0022】次に、図1に示す直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御の具体的な処理を図2ないし図8を参照して詳細に説明する。図2には、基地局1から送信される送信電力が固定値とされているパイロット信号であるOFDM信号を示している。このOFDM信号のサブキャリアは、例えばサブキャリアSC1～サブキャリアSC23のサブキャリアから構成されているものとする。SC1～SC23はそれぞれサブキャリア番号である。サブキャリアSC1～サブキャリアSC23のサブキャリアから構成されているOFDM信号が、マルチパス環境の伝搬路において周波数選択性フェージングの影響を受けると、例えば図3に示すようにサブキャリアのエンベロップが変動するようになる。すなわち、移動局2で受信されたOFDM信号における個々のサブキャリアのレベルが変動するようになる。

【0023】すると、移動局2における受信電力測定部22において測定されたサブキャリアSC1～サブキャリアSC23の受信電力値は、図4に示す先に矢印を付したスペクトルの長さで示されるようになる。この受信電力値を $\{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ と表す。ただし、 $E_1$ はサブキャリアSC1の受信電力値、 $E_2$ はサブキャリアSC2の受信電力値であり、 $E_n$ は最後のサブキャリア（図示する場合はサブキャリアSC23、すなわち $n=23$ ）の受信電力値である。この場合、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができる。そこで、これを利用して次に、サブキャリアSC1～サブキャリアSC23を制御部26においていくつかのサブキャリアからなるブロックに分割する。制御部26でブロックに分割する場合、先頭のサブキャリア

の受信電力値の $\pm \Delta E$ に収まる連続するサブキャリアを1ブロックとする。すなわち、 $|E_h - E_i| < \Delta E$ を演算して、与式を満足する受信電力値 $E_i$ に対応する連続するサブキャリアをそのブロックのサブキャリアとする。ただし、 $E_h$ はブロックの先頭のサブキャリアに対応する受信電力値である。また、最小受信電力のしきい値 $E_{mod1}$ に満たないサブキャリアは、まとめて1つのブロックとされる。

【0024】この場合、しきい値 $\Delta E$ を小さくするとブロック数が増加し、しきい値 $\Delta E$ を大きくするとブロック数が減少する。このように、任意のブロック数に分割することができるようになるが、周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動がほぼ同等とみなすことができるようなブロック数が得られるしきい値 $\Delta E$ の値を予め決定しておくようにする。この場合、BER (Bit Error Rate) がほぼ同等とされる範囲を、周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動がほぼ同等とみなすようにすることができる。このようにして決定されたしきい値 $\Delta E$ を用いて図3に示す周波数選択性フェージングの影響を受けたOFDM信号のサブキャリアをブロックに分割すると、図4に示すようになる。すなわち、第1ブロックB1はサブキャリアSC1～SC5により構成され、第2ブロックB2はサブキャリアSC6～SC8により構成され、第3ブロックB3はサブキャリアSC9～SC11により構成され、第4ブロックB4はサブキャリアSC12～SC14により構成され、第5ブロックB5はサブキャリアSC15、SC16により構成され、第6ブロックB6はサブキャリアSC17、SC18により構成され、第7ブロックB7はサブキャリアSC19、SC20により構成され、第8ブロックB8はサブキャリアSC21～SC23により構成されるようになる。このように、周波数選択性フェージングの影響による変動の激しさに応じたブロック長に分割されるようになる。

【0025】このように制御部26でブロック化することにより、しきい値 $\Delta E$ 内に収まるサブキャリアによりそれぞれのブロックを構成することができる。このブロック化に替えて、制御部26において図5に示すようにブロック化してもよい。図5に示すブロック化は、1ブロックに含まれるサブキャリア数（ブロック長）を固定値としてブロックに分割するようにしている。この場合の1ブロックに含まれるサブキャリア数は、図4に示すようにしきい値 $\Delta E$ 内に収まることを条件にブロック化した際に、最も少ないサブキャリア数からなるブロックのサブキャリア数とする。図4に示す場合は第5ブロックB5ないし第7ブロックB7が2つのサブキャリアからなることから、図5に示すように各ブロックB1～B11は2つのサブキャリアからなるようにブロック化されている。

【0026】次に、図4に示すようなブロックに分割処

理した後に、制御部26において各ブロックの受信電力に適する変調多値数の変調方式を、各ブロック毎に指定する変調方式指定情報を作成する。この変調情報指定情報は、制御部26に保管されているシンボル変調テーブル26aを参照して作成する。すなわち、シンボル変調テーブル26aは図7に示すように受信電力の大きさに対する変調多値数の変調方式のテーブルとされており、各ブロックにおけるサブキャリアの受信電力値の最小値により、シンボル変調テーブル26aを参照することにより当該ブロックの変調方式を決定する。そして、決定された変調多値数の変調方式を指定する変調方式指定情報を作成する。

【0027】例えば、図7に示すテーブルの各変調方式の受信電力のしきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ を図6に示して説明すると、第1ブロックB1の変調方式指定情報は第1ブロックB1内における最小のサブキャリアSC5の受信電力 $E_{B1}$ はしきい値 $E_{mod4}$ 以上とされていることから、変調多値数の多い16QAMを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第1ブロックB1に対応する符号化データはシンボル変調器12において16QAMされる。また、第2ブロックB2の変調方式指定情報は第2ブロックB2内における最小のサブキャリアSC8の受信電力 $E_{B2}$ はしきい値 $E_{mod2}$ 以上とされ、しきい値 $E_{mod4}$ 未満とされていることから、変調多値数が適度とされているQPSKを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第2ブロックB2に対応する符号化データはシンボル変調器12においてQPSKされる。

【0028】同様にして、第3ブロックB3内における最小のサブキャリアSC11の受信電力 $E_{B3}$ はしきい値 $E_{mod2}$ 以上とされ、しきい値 $E_{mod4}$ 未満とされていることから、QPSKを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第3ブロックB3に対応する符号化データはシンボル変調器12においてQPSKされる。さらに、第4ブロックB4内における最小のサブキャリアSC14の受信電力 $E_{B4}$ はしきい値 $E_{mod1}$ 以上とされ、しきい値 $E_{mod2}$ 未満とされていることから、変調多値数が少なくされているBPSKを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第4ブロックB4に対応する符号化データはシンボル変調器12においてBPSKされる。

【0029】また、第5ブロックB5は最小受信電力のしきい値 $E_{mod1}$ に満たないサブキャリアSC15、SC16のブロックとされているため、第5ブロックB5のサブキャリアSC15、SC16は送信されない変調方式指定情報とされる。これは、しきい値 $E_{mod1}$

が移動局2における受信側の背景ノイズのレベルの近傍のレベルとされているため、第5ブロックB5のサブキャリアSC15、SC16を変調した符号化データを誤ることなく復号することが困難になるからである。また、第5ブロックB5のサブキャリアSC15、SC16を送信しないことにより、その送信電力を他のブロックに振り分けることができるようになるからである。

【0030】さらにまた、第6ブロックB6内における最小のサブキャリアSC17の受信電力 $E_{B6}$ はしきい値 $E_{mod1}$ 以上とされ、しきい値 $E_{mod2}$ 未満とされていることから、BPSKを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第6ブロックB6に対応する符号化データはシンボル変調器12においてBPSKされる。さらにまた、第7ブロックB7内における最小のサブキャリアSC19の受信電力 $E_{B7}$ はしきい値 $E_{mod2}$ 以上とされ、しきい値 $E_{mod4}$ 未満とされていることから、QPSKを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第7ブロックB7に対応する符号化データはシンボル変調器12においてQPSKされる。さらにまた、第8ブロックB8内における最小のサブキャリアSC21の受信電力 $E_{B8}$ はしきい値 $E_{mod4}$ 以上とされていることから、16QAMを指定する変調方式指定情報とされる。この変調方式指定情報により基地局1においてシンボル変調される際には、第8ブロックB8に対応する符号化データはシンボル変調器12において16QAMされる。

【0031】本発明の直交周波数分割多重システムでは、上記説明したような各ブロックにおける変調方式指定情報と、分割された各ブロックの先頭のサブキャリアの番号情報とからなる変調情報が、制御部26内の変調情報管理テーブルに保管される。そして、この変調情報は周期的に変調情報管理テーブル26bから読み出されてOFDM変調器27に供給される。OFDM変調器27においては、図8に示すように通信用のデータに周期的に変調情報が挿入されて、移動局2から基地局1へ送信される。変調情報を送る周期は、伝搬路における周波数選択性フェージングの特性が余り変化しない周期とされる。なお、変調情報管理テーブル26bに保管されている変調情報はシンボル復調器25にも供給されている。シンボル復調器25においては、P/S変換部23から供給される変調シンボルが、変調情報に基づくブロックに対応する変調シンボル毎に指定された変調多値数の復調方式で復調されるようになる。これにより、変調方式がブロック毎に異なっても正確に復調することができるようになる。

【0032】基地局1においては移動局2から送信された変調情報を受信し、OFDM復調器16において変調情報が復調されて制御部15へ供給される。また、通信



用のデータは、OFDM復調器16において復調されて受信データとして出力される。復調された変調情報は制御部15へ供給され、内蔵される変調情報管理テーブル15aに保管される。変調情報は、周期的に送られてくるため、受信する毎に変調情報管理テーブル15a上の変調情報が更新されるようになる。このため、伝搬路における周波数選択性フェージングの影響が変化しても、その変化に追従する変調情報が変調情報管理テーブル15aに保管されていることになる。また、変調情報管理テーブル15aには基地局1に在圏する移動局の変調情報が保管されるようになる。

【0033】制御部15においては、通信チャネルの変調方式の制御を行う場合は、設定された通信チャネルに該当する移動局の変調情報を変調情報管理テーブル15aから読み出す。次いで、シンボル変調器12において変調情報におけるブロックの先頭のサブキャリア番号に基づいて各ブロックに対応する符号化データに切り分ける。さらに、シンボル変調器12において変調情報中の各ブロックに指定されている変調方式指定情報に基づいて、当該ブロックに対応する符号化データを指定されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式でシンボル変調する。そして、上述したようにS/P変換部13およびIFFT部14においてOFDM信号とされるようになる。

【0034】以上説明したように、本発明の第1の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいては、受信電力の大きいブロックにおけるサブキャリアはデータ伝送速度が高速となる変調多値数の変調方式が指定され、受信電力の小さいブロックはデータ伝送速度が低速となる変調多値数の変調方式が指定される。この場合、いくつかのサブキャリアをまとめたブロック毎に変調方式を指定するようにしたので、変調情報を保管する変調情報管理テーブル15aの記憶量を低減することができると共に、変調方式の制御の処理量を低減することができるようになる。また、周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができるようにブロック化していることから、そのブロック構成は伝搬路特定の変化に適應して変更されるようになり、誤り率を所定以下とした効率のよい変調多値数の変調方式とする制御を行うことができる。このため、本発明の直交周波数分割多重システムでは高速伝送および高品質伝送を可能とすることができるようになる。

【0035】ところで、サブキャリアを次のようにしてまとめてブロックとしてもよい。移動局2において受信されたOFDM信号が図9に示すようなエンベロープとされて受信されたとする。この場合のサブキャリア数 $n$ は、例えば60とされている。そして、図4に示すようにしきい値 $\Delta E$ の範囲内の受信電力のサブキャリアをまとめてブロック化した際に、図9に示すように第1ブロックB1のサブキャリア数は10となり、第2ブロック

B2のサブキャリア数も10となり、第3ブロックB3のサブキャリア数は5となり、第4ブロックB4のサブキャリア数は15となり、第5ブロックB5のサブキャリア数が20になったとする。この場合のキャリア数に対する当該キャリア数が存在する確率分布の累積値を求めると、図10に示す図表の通りとなる。

【0036】すなわち、キャリア数が5とされるブロックは第3ブロックB3だけであり、この場合の(ブロック数/全ブロック数)は $1/5$ となる。従って、キャリア数が5以下の累積値も $1/5$ となる。また、キャリア数が10とされるブロックは第1ブロックB1と第2ブロックB2であり、この場合の(ブロック数/全ブロック数)は $2/5$ となる。従って、キャリア数が10以下の累積値は $1/5 + 2/5 = 3/5$ となる。さらに、キャリア数が15とされるブロックは第4ブロックB4だけであり、この場合の(ブロック数/全ブロック数)は $1/5$ となる。従って、キャリア数が15以下の累積値は $1/5 + 2/5 + 1/5 = 4/5$ となる。さらにまた、キャリア数が20とされるブロックは第5ブロックB5だけであり、この場合の(ブロック数/全ブロック数)は $1/5$ となる。従って、キャリア数が20以下の累積値は $1/5 + 2/5 + 1/5 + 1/5 = 5/5$ となる。この累積値をパーセント値として、キャリア数(SC数)を横軸としてグラフ表示すると、図11に示すグラフとなる。このグラフから、例えば累積値が約54%になるキャリア数を求めると、サブキャリア数はほぼ9となる。そこで、サブキャリア数を9として60のサブキャリアを9サブキャリア毎にブロックにまとめるようにしてもよい。このように、確率分布の累積値から求めたサブキャリア数毎のブロックとすることができる。この場合は、各ブロックのサブキャリア数は固定値となる。

【0037】次に、本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御処理のフローチャートを図12に示す。図12に示す変調方式の制御処理が開始されて、基地局が制御チャネルによりパイロット信号を送信する(ステップS1)と、このパイロット信号を移動局が受信する(ステップS10)。次いで、ステップS11にて受信したパイロット信号におけるOFDM信号の全てのサブキャリアの受信電力を測定する。ステップS12では、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができることを利用して、サブキャリアをブロック化している。すなわち、設定されたしきい値 $\Delta E$ を超えない連続するサブキャリアをブロックにまとめることにより、サブキャリアをブロック化する。さらに、ステップS13において分割したブロック数を検出し、各々のブロックにおける先頭サブキャリア番号を決定する。ここでは、ブロック

にまとめられたサブキャリア数が最も少ないブロック長に、ブロック長を固定してブロック化し直してもよい。さらに、図11に示すような累積値に対するサブキャリア数のグラフを参照して、所望の累積値になるサブキャリア数を求めて、求められたサブキャリア数のブロックにブロック化し直してもよい。

【0038】次いで、ステップS14において各ブロックにおける最小受信電力のサブキャリアの受信電力値と、シンボル変調テーブル26aにおけるしきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ とを対比することにより各ブロックに適した変調多値数の変調方式を決定する。そして、決定された変調方式を指定する変調方式指定情報とステップS13で決定された先頭サブキャリア番号とからなる変調情報を基地局へ通知する（ステップS15）。この通知を受けた基地局は、通知された変調情報に基づきステップS2にて各ブロックに対応する符号化データを当該ブロックに指定された変調多値数の変調方式でシンボル変調する。これにより、周波数選択性フェージングを受けた際に、その影響に応じた変調多値数の変調方式でいくつかのサブキャリアからなるブロックをシンボル変調するように制御することができるようになる。

【0039】以上説明した本発明の移動局2において、OFDM変調器27に変調情報を供給し、この変調情報におけるブロックの先頭のサブキャリア番号に基づいてブロックに対応する符号化データに切り分け、変調情報中の各ブロックに指定されている変調方式指定情報に基づいて、当該ブロックに対応する符号化データを指定されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式でシンボル変調するようにしてもよい。この場合、基地局1においては変調情報管理テーブル15aに保管されている変調情報をOFDM復調器16に供給し、直列に変換された各サブキャリアの変調シンボルを、変調情報に基づくブロックに対応する変調シンボル毎に指定された変調多値数の復調方式で復調するようにする。

【0040】次に、本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムの構成例を図13示す。ただし、図13には基地局51と1つの移動局52とが示されているが、移動局は多数存在しており、その内の移動局52だけが示されている。また、移動局52は本発明の第2の実施の形態にかかる送受信装置に相当する。図13において、基地局51はOFDM変調器60とOFDM復調器16、およびシンボル変調器12における変調方式の制御、および、送信電力制御部17における送信電力制御を行う制御部35を備えている。OFDM復調器16は、後述する移動局52におけるOFDM復調器20の受信電力測定部22を省略した構成とされている。送信データはOFDM変調器60における符号器11に印加されて、誤り訂正符号化や圧縮符号化等の符

号化が行われる。符号器11から出力される符号化データは、シンボル変調器12において制御部35から指定された変調多値数の変調方式でシンボル変調される。この場合の変調方式の指定は、後述するブロックに収まる符号化データ毎に行われる。

【0041】このシンボル変調器12においては、BPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式の一つがブロック毎に指定されて、当該ブロックに収まる符号化データが指定された変調多値数の変調方式でシンボル変調される。シンボル変調器12から出力される変調シンボルは、直列-並列変換部（S/P変換部）13において、サブキャリア数に相当する並列数の変調シンボルに変換される。この結果、S/P変換部13から出力される変調シンボルのシンボル速度は1/サブキャリア数に低減されるようになる。S/P変換部13から出力されるサブキャリアの並列数とされる並列変調シンボルは、送信電力制御部17において制御部35からの送信電力制御信号により、変調方式が指定されている前記ブロック毎に送信電力制御されるようになる。このブロックはいくつかのサブキャリアから構成される。送信電力制御部17において送信電力制御が行われたサブキャリアの並列数とされている並列変調シンボルは、逆高速フーリエ変換部（IFFT）14において逆フーリエ変換されてOFDM信号とされる。IFFT14は、逆離散フーリエ変換部（IDFT）としてもよい。このOFDM信号は、所定の周波数の搬送波に乗せられて基地局51から送信される。

【0042】このOFDM信号を受信可能な移動局52は、OFDM復調器20とOFDM変調器27、および制御部36とを備えている。このOFDM変調器27は、基地局51におけるOFDM変調器60の送信電力制御部17を省略した構成とほぼ同様の構成とされている。移動局52において受信されたOFDM信号は高速フーリエ変換部（FFT）21においてフーリエ変換が施されて、サブキャリア毎に分解される。FFT21を、離散フーリエ変換部（DFT）としてもよい。FFT部21から並列に出力されるサブキャリアの各々の受信電力が、受信電力測定部22において測定され、サブキャリアの各々の受信電力値は制御部36へ供給される。FFT部21から並列に出力されるサブキャリアは、受信電力測定部22を介して並列-直列変換部（P/S変換部）23に供給され、並列とされているサブキャリア毎の変調シンボルが直列の変調シンボルに変換される。このP/S変換部23から出力される変調シンボルは、シンボル復調器25において復調されて復調データとされる。シンボル復調器25においては、送信側において施されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調に応じた変調多値数の復調が行われる。なお、シンボル復調器25には、制御部36に内蔵されている変調情報管理テーブル36bに保管されて

いる各ブロックの変調方式指定情報が供給されており、この変調方式指定情報に基づいて各ブロックにおけるサブキャリアのシンボル復調が行われる。シンボル復調器25から出力される復調データは、復号器24において誤り訂正や伸長処理等が行われて受信データに復号され出力される。

【0043】制御部36は、受信電力測定部22から供給された各サブキャリアの受信電力値に応じて、いくつかのサブキャリアからなるブロックに分割する。そして、分割したブロックの先頭サブキャリアのサブキャリア番号と、当該ブロックの受信電力に適した変調多値数の変調方式を指定する変調方式指定情報からなる変調情報、および、当該ブロックの受信電力が規定の受信電力となるように送信電力を制御するための送信電力制御情報からなる制御情報を作成する。この場合、レベルの異なる複数の規定受信電力値を予め定めておき、当該ブロックにおけるサブキャリアの最小の受信電力との差分が最も小さい規定受信電力値を決定して、その規定受信電力値になるような送信電力制御情報を作成する。また、決定された規定受信電力値によりシンボル変調テーブル36aを参照して、当該ブロックに適した変調多値数の変調方式を決定する。決定された変調方式を指定する変調方式指定情報と、分割したブロックの先頭サブキャリアのサブキャリア番号とは、変調情報管理テーブル36bに変調情報として保管される。この変調情報および制御情報は、OFDM変調器27に供給され、変調情報および制御情報が周期的に移動局52から基地局51へ送信されるようになる。この変調情報および制御情報においては、ブロックの境界を示す情報を先頭サブキャリア番号に替えて最後尾サブキャリア番号としてもよい。

【0044】なお、移動局52においてサブキャリアの受信電力を測定するために、基地局51は、送信電力制御が行われていないOFDM変調されたパイロット信号を周期的に送信している。このパイロット信号が送信される周期は、伝搬路における周波数選択性フェージング等により生じる受信電力の変動に十分追従できる周期とされている。そして、このパイロット信号の受信電力を移動局52は測定するようにする。この場合、基地局51において変調方式が制御されると共に送信電力が制御されるチャネルは、各移動局毎に設定される通信チャネルとされる。この変調方式の制御および送信電力制御は、移動局から送信された変調情報および制御情報に従って行われるため、移動局毎に異なる変調方式の制御および送信電力制御が行われるようになる。

【0045】図13に示す第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御において、変調方式の制御および送信電力制御はいくつかのサブキャリアからなるブロック毎に行われる。このブロックは前述した第1の実施の形態の変調方式の制御におけるブロックと同一のブロックとされてお

り、このため、その具体的なブロック化の手法は同様とされている。以下に、第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御について説明する。

【0046】サブキャリアSC1～SC23は、図4に示すように先頭のサブキャリアの受信電力値の $\pm \Delta E$ に収まる連続するサブキャリアを1ブロックとして第1ブロックB1ないし第8ブロックB8に分割されている。この分割した第1ブロックB1ないし第8ブロックB8において変調方式を制御する変調情報および送信電力制御させるための送信電力制御情報が作成される。この場合、当該ブロックにおけるサブキャリアの最小の受信電力 $E_{bi}$ と、図14に示す複数の規定受信電力値とされるしきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの差分 $|E_{modx} - E_{bi}|$ （ただし、 $x$ はしきい値番号、 $i$ はブロック番号）を算出する。算出された差分の内の最小の差分の絶対値が得られるしきい値を決定する。決定されたしきい値によりシンボル変調テーブル36aを参照して、当該ブロックの受信電力に適した変調多値数の変調方式を決定する。

【0047】例えば、第1ブロックB1における最小のサブキャリアSC5の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod4}$ により得られる。しきい値 $E_{mod4}$ は高いレベルとされているため、しきい値 $E_{mod4}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第1ブロックB1の受信電力に適した変調方式は変調多値数の多い16QAMと決定される。また、第2ブロックB2における最小のサブキャリアSC8の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod4}$ により得られる。従って、しきい値 $E_{mod4}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第2ブロックB2の受信電力に適した変調方式は16QAMと決定される。さらに、第3ブロックB3における最小のサブキャリアSC11の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod2}$ により得られる。しきい値 $E_{mod2}$ は中位のレベルとされているため、しきい値 $E_{mod2}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第3ブロックB3の受信電力に適した変調方式は変調多値数が中位とされているQPSKと決定される。

【0048】さらにまた、第4ブロックB4における最小のサブキャリアSC14の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod1}$ により得られる。しきい値 $E_{mod1}$ は低いレベルとされているため、しきい値 $E_{mod1}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第4ブロックB4の受信電力に適した変調方式は変調多値数の少ないBPSKと決定される。さらに

また、第5ブロックB5は最小受信電力のしきい値 $E_{min}$ に満たないサブキャリアSC15、SC16のブロックとされている。このしきい値 $E_{min}$ は、最小受信電力のしきい値 $E_{mod1}$ と同一のしきい値である。そして、最小受信電力のしきい値 $E_{min}$  ( $E_{mod1}$ ) に満たないサブキャリアは送信しないようにしている。このため、第5ブロックB5には変調方式は割り当てられない。さらにまた、第6ブロックB6における最小のサブキャリアSC17の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod1}$ により得られる。従って、しきい値 $E_{mod1}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第6ブロックB6の受信電力に適した変調方式はBPSKと決定される。

【0049】さらにまた、第7ブロックB7における最小のサブキャリアSC19の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod4}$ により得られる。従って、しきい値 $E_{mod4}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第7ブロックB7の受信電力に適した変調方式は16QAMと決定される。さらにまた、第8ブロックB8における最小のサブキャリアSC21の受信電力と、しきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの最小の差分の絶対値はしきい値 $E_{mod4}$ により得られる。従って、しきい値 $E_{mod4}$ によりシンボル変調テーブル36aを参照すると、第8ブロックB8の受信電力に適した変調方式は16QAMと決定される。上述した各ブロックにおける最小の差分の絶対値である最小値と、最小値が得られた規定受信電力値 (しきい値) と、決定された変調方式の図表を図17に示す。このようにして決定された変調方式を指定する変調方式指定情報と、分割されたブロックの先頭サブキャリアのサブキャリア番号とは、変調情報管理テーブル36bに変調情報として保管される。この変調情報は、OFDM変調器27に供給され、変調情報が周期的に移動局52から基地局51へ送信されるようになる。この変調情報においては、先頭サブキャリア番号に替えて最後尾サブキャリア番号としてもよい。

【0050】また、送信電力制御情報を作成するには、前述したように各ブロックに決定されたしきい値 $E_{modx}$ と当該ブロックにおけるサブキャリアの最小の受信電力 $E_{bi}$ との差分 $E_{bid}$  ( $=E_{modx}-E_{bi}$ ) を算出する。そして、算出された差分 $E_{bid}$ を送信電力制御情報とする。例えば、図14に示す例では、第1ブロックB1の送信電力制御情報は第1ブロックB1内における最小のサブキャリアSC5の受信電力としきい値 $E_{mod4}$ との差分 $E_{B1d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B1d}$ は負となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第1ブロックB1の送信電力は送信電力制御情報 $E_{B1d}$ に相当する分

だけ低減される。

【0051】また、第2ブロックB2の送信電力制御情報は第2ブロックB2内における最小のサブキャリアSC8の受信電力としきい値 $E_{mod4}$ との差分 $E_{B2d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B2d}$ は正となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第2ブロックB2の送信電力は送信電力制御情報 $E_{B2d}$ に相当する分だけ増加される。さらに、第3ブロックB3の送信電力制御情報は第3ブロックB3内における最小のサブキャリアSC11の受信電力としきい値 $E_{mod2}$ との差分 $E_{B3d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B3d}$ は負となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第3ブロックB3の送信電力は送信電力制御情報 $E_{B3d}$ に相当する分だけ低減される。さらにまた、第4ブロックB4の送信電力制御情報は第4ブロックB4内における最小のサブキャリアSC14の受信電力としきい値 $E_{mod1}$ との差分 $E_{B4d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B4d}$ は負となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第4ブロックB4の送信電力は送信電力制御情報 $E_{B4d}$ に相当する分だけ低減される。

【0052】さらにまた、第5ブロックB5は最小受信電力のしきい値 $E_{min}$ に満たないサブキャリアSC15、SC16のブロックとされている。このしきい値 $E_{min}$ は、前述した最小受信電力のしきい値 $E_{mod1}$ と同一のしきい値である。前述したように、最小受信電力のしきい値 $E_{min}$  ( $E_{mod1}$ ) に満たないサブキャリアは送信しないようにしている。このため、第5ブロックB5の送信電力制御情報 $E_{B5d}$ は、サブキャリアSC15、SC16を送信しない送信電力制御情報 $E_{B5d}$ とされる。これは、前述した理由に加えてしきい値 $E_{min}$ が移動局52における受信側の背景ノイズのレベルの近傍のレベルとされているため、第5ブロックB5のサブキャリアSC15、SC16の受信電力を正確に測定できないことと、送信電力制御した際に第5ブロックB5は高い送信電力を消費することになり、相対的に他のブロックの送信電力が低下してしまうようになるからである。

【0053】さらにまた、第6ブロックB6の送信電力制御情報は第6ブロックB6内における最小のサブキャリアSC17の受信電力としきい値 $E_{mod1}$ との差分 $E_{B6d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B6d}$ は負となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第6ブロックB6の送信電力は送信電力制御情報 $E_{B6d}$ に相当する分だけ低減される。さらにまた、第7ブロックB7の送信電力制御情報は第7ブロックB7内における最小のサブキャリアSC19の受信電力としきい値 $E_{mod4}$ との差分 $E_{B7d}$ となる。この送信電力制御情報 $E_{B37}$ は正となり基地局51に

において送信電力制御される際には、図15に示すように第7ブロックB7の送信電力は送信電力制御情報E B7 dに相当する分だけ増加される。さらにまた、第8ブロックB8の送信電力制御情報は第8ブロックB8内における最小のサブキャリアSC21の受信電力としきい値 $E_{mod4}$ との差分E B8 dとなる。この送信電力制御情報E B8 dは負となり基地局51において送信電力制御される際には、図15に示すように第8ブロックB8の送信電力は送信電力制御情報E B8 dに相当する分だけ低減される。

【0054】このような各ブロックにおける送信電力制御情報からなる制御情報と、前述した変調情報管理テーブル36bに保管されている各ブロックにおける変調方式指定情報と、分割された各ブロックの先頭のサブキャリアの番号情報とからなる変調情報とが、制御部36からOFDM変調器27に供給される。OFDM変調器27においては、図8に示すように通信用のデータに周期的に制御情報が挿入されて、移動局52から基地局51へ送信される。変調情報および制御情報を送る周期は、伝搬路における周波数選択性フェージングの特性が余り変化しない周期とされる。なお、変調情報管理テーブル36bに保管されている変調情報はシンボル復調器25にも供給されている。シンボル復調器25においては、P/S変換部23から供給される変調シンボルが変調情報に基づくブロックに対応する変調シンボル毎に指定された変調方式に対応する復調方式で復調されるようになる。これにより、変調方式がブロック毎に異なっても正確に復調することができるようになる。

【0055】基地局51においては移動局52から送信された変調情報および制御情報を受信し、OFDM復調器16において変調情報および制御情報が復調されて制御部35へ供給される。また、通信用のデータは、OFDM復調器16において復調されて受信データとして出力される。復調された変調情報および制御情報は制御部35へ供給され、内蔵される制御情報、変調情報管理テーブル35aに保管される。変調情報および制御情報は、周期的に送られてくるため、受信する毎に制御情報、変調情報管理テーブル35a上の変調情報および制御情報が更新されるようになる。このため、伝搬路における周波数選択性フェージングの影響が変化しても、その変化に追随する変調情報および制御情報が制御情報、変調情報管理テーブル35aに保管されていることになる。また、制御情報、変調情報管理テーブル35aには基地局51に在圏する移動局の制御情報が保管されるようになる。

【0056】制御部35においては、通信チャネルの変調方式の制御および送信電力制御を行う場合は、設定された通信チャネルに該当する移動局の制御情報を制御情報、変調情報管理テーブル35aから読み出す。次いで、シンボル変調器12において変調情報におけるブ

ロックの先頭のサブキャリア番号に基づいて各ブロックに対応する符号化データに切り分ける。さらに、シンボル変調器12において変調情報中の各ブロックに指定されている変調方式指定情報に基づいて、当該ブロックに対応する符号化データを指定されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式でシンボル変調する。続いて、送信電力制御部17において変調情報におけるブロックの先頭のサブキャリア番号に基づいて分割されたいくつかのサブキャリアからなるブロックの送信電力制御を行う。この場合、制御情報における各ブロックの送信電力制御情報に基づいて、当該ブロックのサブキャリアの送信電力を制御する。ただし、各ブロックの送信電力の総和は常に等しくなる。すなわち、送信電力制御情報が変更された場合には、個々のブロックにおける送信電力は制御情報に応じて変更されるようになるが、各ブロックの送信電力の総和は、変更前の送信電力の総和と等しくなる。

【0057】ここで、パイロット信号を受信した際に図14に示す受信電力とされた場合における変調情報および制御情報に基づいて、基地局51におけるシンボル変調器12で変調方式の制御が行われると共に、送信電力制御部17で送信電力制御されたOFDM信号の各ブロックの送信電力の一例を図15に示す。このように送信電力制御されたOFDM信号が移動局52において受信された際の、受信電力を図16に示す。図16を参照すると、各ブロックにおけるサブキャリアの受信電力は、当該ブロックに指定されている変調方式の変調多値数に応じたしきい値の受信電力となっている。すなわち、変調方式の変調多値数に適した効率のよい送信電力制御が行われていることがわかる。

【0058】以上説明したように、本発明の第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいては、受信電力の大きいブロックにおけるサブキャリアはデータ伝送速度が高速となる変調多値数の変調方式が指定されると共に、送信電力が指定された変調多値数に適する大きな受信電力となるように制御され、受信電力の小さいブロックはデータ伝送速度が低速となる変調多値数の変調方式が指定されると共に、送信電力が指定された変調多値数に適する小さな受信電力となるように制御される。これにより、各ブロックに指定されている変調多値数の変調方式に適した受信電力となるように、各ブロックのサブキャリアの送信電力が制御されるようになり、直交周波数分割多重システムにおける高速伝送を可能とすることができるようになる。

【0059】本発明の第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいては、受信電力が所定範囲に収まる連続するサブキャリアをまとめてブロックとし、そのブロック毎に変調方式の制御および送信電力制御を行うようにしている。このように、いくつかのサブキャリアをまとめたブロック毎に変調方式および送信電力制御を

行うようにしたので、制御情報および変調情報を保管する制御情報、変調情報管理テーブル35aの記憶量を低減することができると共に、変調方式の制御の処理量および送信電力制御の処理量を低減することができるようになる。また、周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができるようにブロック化していることから、そのブロック構成は伝搬路特定の変化に適応して変更されるようになり、効率のよい変調方式の制御および送信電力制御を行うことができる。このため、本発明の第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいては、さらなる高速伝送および高品質伝送を可能とすることができるようになる。なお、本発明の第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいても、前記図9ないし図11を参照して説明したように、確率分布の累積値から求めたサブキャリア数毎のブロックとしてもよい。

【0060】次に、本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御処理のフローチャートを図18示す。図18に示す変調方式の制御および送信電力制御処理が開始されて、基地局がパイロット信号を送信する（ステップS20）と、このパイロット信号を移動局が受信する（ステップS30）。次いで、ステップS31にて受信したパイロット信号におけるOFDM信号の全てのサブキャリアの受信電力を測定する。ステップS32では、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができることを利用して、サブキャリアをブロック化している。すなわち、設定されたしきい値 $\Delta E$ を超えない連続するサブキャリアをブロックにまとめることにより、サブキャリアをブロック化する。さらに、ステップS33において分割したブロック数を検出し、各々のブロックにおける先頭サブキャリア番号を決定する。ここでは、ブロックにまとめられたサブキャリア数が最も少ないブロック長に、ブロック長を固定してブロック化し直してもよい。さらに、図11に示すような累積値に対するサブキャリア数のグラフを参照して、所望の累積値になるサブキャリア数を求めて、求められたサブキャリア数のブロックにブロック化し直してもよい。

【0061】次いで、ステップS34において各ブロックにおける最小受信電力のサブキャリアの受信電力値と、複数の規定受信電力値とされるしきい値 $E_{mod1}$ 、 $E_{mod2}$ 、 $E_{mod4}$ のそれぞれとの差分を算出する。そして、算出された差分の内の最小の差分の絶対値が得られるしきい値を決定し、決定されたしきい値によりシンボル変調テーブル36aを参照して、当該ブロックの受信電力に適した変調多値数の変調方式を決定する。さらに、決定されたしきい値と最小受信電力のサブキャリアの受信電力値との差分を各ブロックにおける送

信電力制御値とする。そして、算出された送信電力制御値からなる制御情報と、決定された変調多値数の変調方式を指定する変調方式指定情報とステップS33で決定された先頭サブキャリア番号とからなる変調情報を基地局へ通知する（ステップS35）。この通知を受けた基地局は、通知された変調情報に基づきステップS21にて各ブロックに対応する符号化データを当該ブロックに指定された変調多値数の変調方式でシンボル変調する。さらに、通知された制御情報に基づき各ブロックの送信電力を制御する。すなわち、サブキャリアを、変調情報の内の先頭サブキャリア番号の直前までのいくつかのサブキャリアにまとめてブロック化し、ブロック化した各々のブロックにおけるサブキャリアの送信電力を、制御情報における当該ブロックの送信電力制御情報に従って制御する。これにより、周波数選択性フェージングを受けた際に、その影響に応じた変調多値数の変調方式でいくつかのサブキャリアからなるブロックをシンボル変調するように制御することができると共に、移動局において受信されるOFDM信号の各サブキャリアの受信電力が変調多値数に適した送信電力となるように制御することができるようになる。

【0062】以上説明した本発明の移動局52において、OFDM変調器27に制御部36の変調情報管理テーブル36bに保管されている変調情報を供給し、この変調情報におけるブロックの先頭のサブキャリア番号に基づいてブロックに対応する符号化データに切り分け、変調情報中の各ブロックに指定されている変調方式指定情報に基づいて、当該ブロックに対応する符号化データを指定されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調方式でシンボル変調するようにしてもよい。この場合、基地局51においては変調情報管理テーブル35aに保管されている変調情報をOFDM復調器16に供給し、直列に変換された各サブキャリアの変調シンボルを、変調情報に基づくブロックに対応する変調シンボル毎に指定された変調多値数の復調方式で復調するようにする。

【0063】さらに加えて、本発明の移動局52において、OFDM変調器27内に基地局51と同様に送信電力制御部を備えるようにし、制御部36により得られた制御情報に基づいて、OFDM信号の送信電力制御を行うようにしてもよい。この場合、変調情報の内の先頭サブキャリア番号に基づいてサブキャリアをブロック化し、当該ブロックに対応する送信電力制御値に応じて、そのブロック内のサブキャリアの送信電力を制御する。なお、以上説明した本発明の第1および第2の実施の形態の直交周波数分割多重システムにおいて、基地局から送信される送信電力制御が行われていないOFDM変調されたパイロット信号が送信される周期は、伝搬路における周波数選択性フェージング等により生じる受信電力の変動に十分追従できる周期とされている。

## 【0064】

【発明の効果】本発明は以上説明したように、受信電力に応じてサブキャリアをまとめてブロックとし、ブロック毎に受信電力に応じた変調多値数の変調方式でシンボル変調するようにしている。このように、いくつかのサブキャリアをまとめたブロック毎に変調方式の制御を行うようにしたので、変調情報量を低減することができると共に、制御に要する処理量や変調情報の記憶容量を低減することができるようになる。このような変調方式の制御処理は、送信側から固定の送信電力でパイロット信号が送信される毎に行われるようになる。また、上記したようにブロック化できるのは、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができるからである。このため、そのブロック構成は伝搬路の特定の変化に適応的となり、効率のよい変調多値数とされる変調方式の制御を行うことができるようになる。従って、本発明の直交周波数分割多重システムでは、高速伝送および高品質伝送を可能とすることができる。

【0065】さらに、本発明では、受信電力に応じてまとめたサブキャリアからなるブロック毎に、その受信電力に応じた効率のよい変調多値数とされる変調方式の制御にくわえて、指定された変調多値数に適する受信電力となるように送信電力制御も行うようにすることができる。これにより、周波数分割多重システムを周波数選択性フェージングの影響の変化にさらに適応的とすることができるようになる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムの構成例を示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける基地局から送信されるパイロット信号を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける選択性フェージングの影響を受けたOFDM信号を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける受信したOFDM信号をブロックにまとめる説明をするための図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける受信したOFDM信号をブロックにまとめる他の説明をするための図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおけるブロックの変調方式指定情報を説明するための図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける受信電力と変調方式指定情報との関係を示す図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数

分割多重システムにおける変調情報を送る態様を示す図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける選択性フェージングの影響を受けたOFDM信号を、ブロック化したサブキャリア数を示す図である。

【図10】図9に示す例におけるキャリア数に対する当該キャリア数が存在する確率分布の累積値を示す図表である。

【図11】図10に示すキャリア数に対する当該キャリア数が存在する確率分布の累積値を示すグラフである。

【図12】本発明の第1の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御処理のフローチャートである。

【図13】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムの構成例を示す図である。

【図14】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおけるブロックの変調情報および送信電力制御情報を説明するための図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御されて送信されたOFDM信号を示す図である。

【図16】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御されて送信されたOFDM信号を受信した際の受信電力を示す図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムの各ブロックにおける最小の差分の絶対値である最小値と、最小値が得られた規定受信電力値（しきい値）と、決定された変調方式を示す図表である。

【図18】本発明の第2の実施の形態にかかる直交周波数分割多重システムにおける変調方式の制御および送信電力制御処理のフローチャートである。

【図19】従来の直交周波数分割多重システムにおける基地局から送信されるOFDM信号を示す図である。

【図20】直交周波数分割多重システムにおける選択性フェージングの影響を受けたOFDM信号を示す図である。

## 【符号の説明】

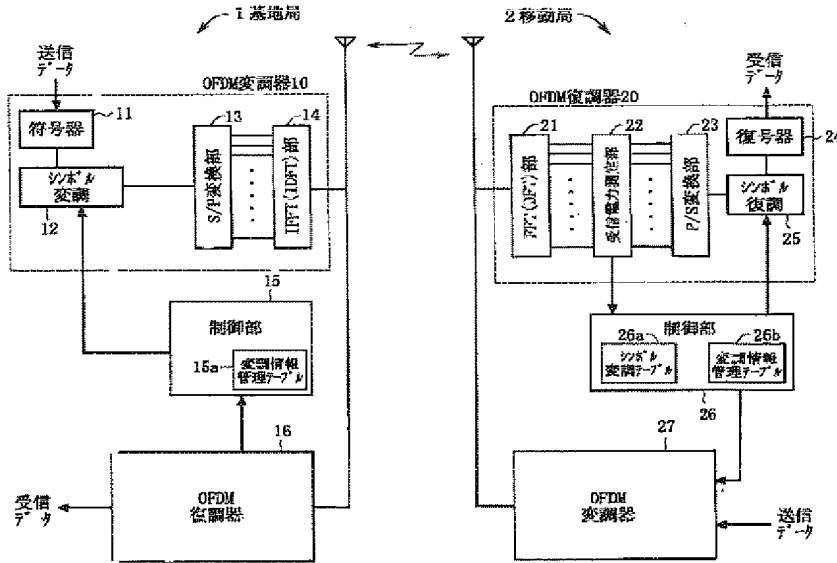
1 基地局、2 移動局、10 OFDM変調器、11 符号器、12 シンボル変調器、13 S/P変換部、14 IFFT部、15 制御部、15a 変調情報管理テーブル、16 OFDM復調器、17 送信電力制御部、20 OFDM復調器、21 FFT部、22 受信電力測定部、23 P/S変換部、24 復号器、25 シンボル復調器、26 制御部、26a シンボル変調テーブル、26b 変調情報管理テーブル、27 OFDM変調器、35 制御部、35a 制御情



報、変調情報管理テーブル、36 制御部、36a  
シンボル変調テーブル、36b 変調情報管理テーブ

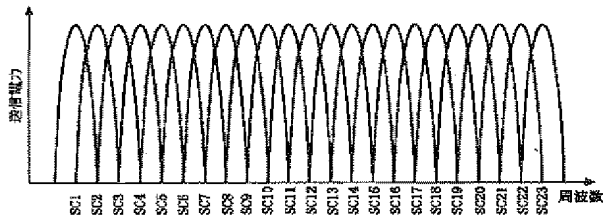
ル、51 基地局、52 移動局、60 OFDM変調器

【図1】

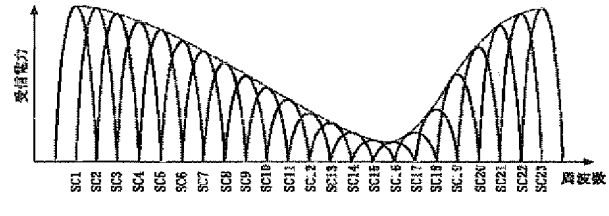


【図2】

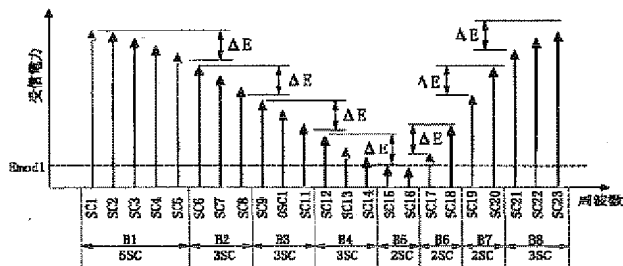
【図3】



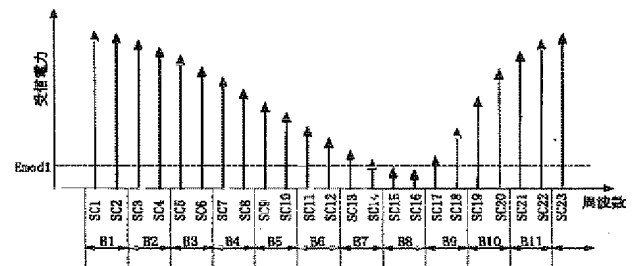
【図4】



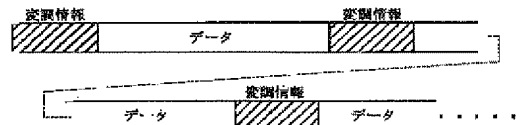
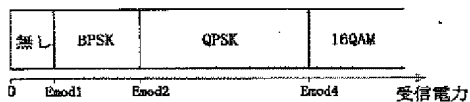
【図5】



【図7】

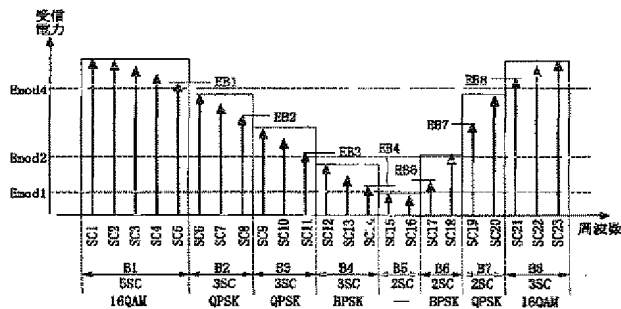


【図8】

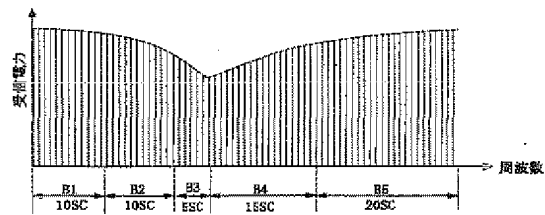




【図6】



【図9】

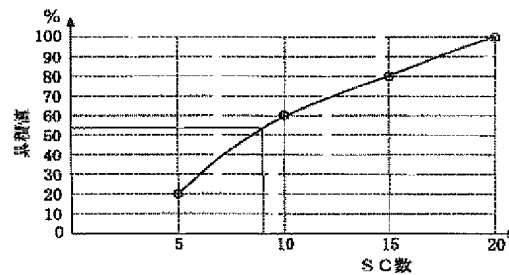


【図10】

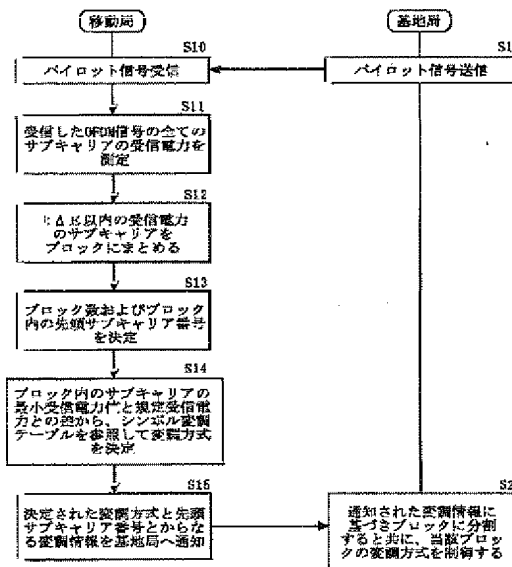
SC=60

SC数	ブロック数/総ブロック数	累積値
5	1/5	1/5
10	2/5	3/5
15	1/5	4/5
20	1/5	5/5

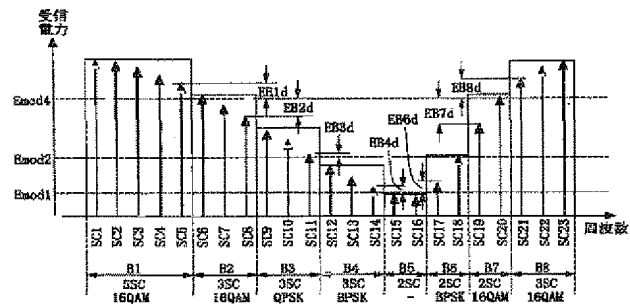
【図11】



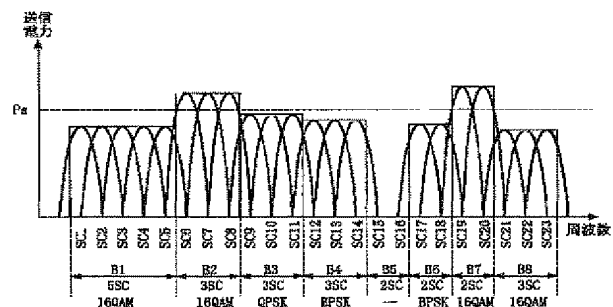
【図12】



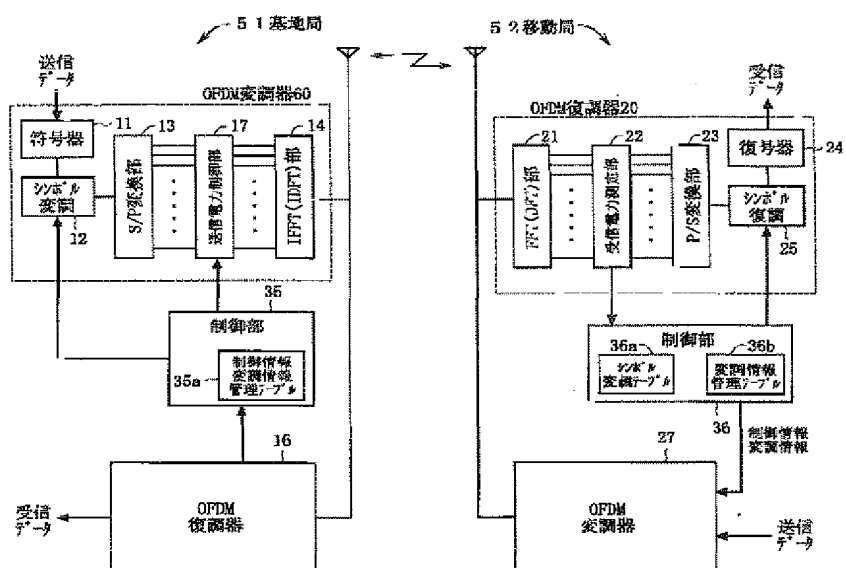
【図14】



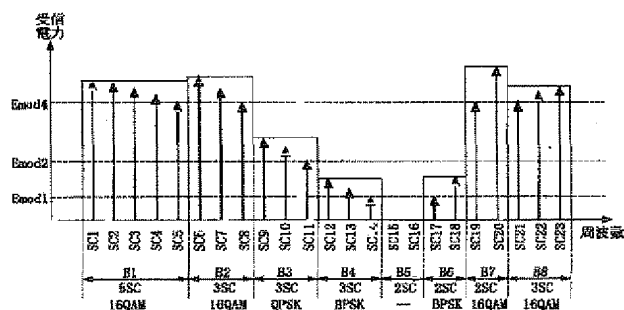
【図15】



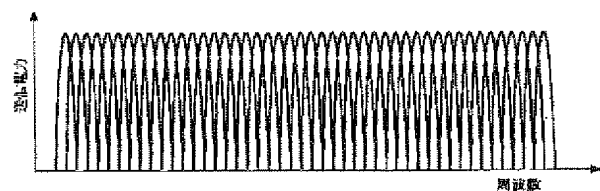
【図13】



【図16】



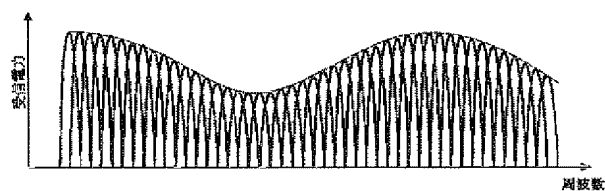
【図19】



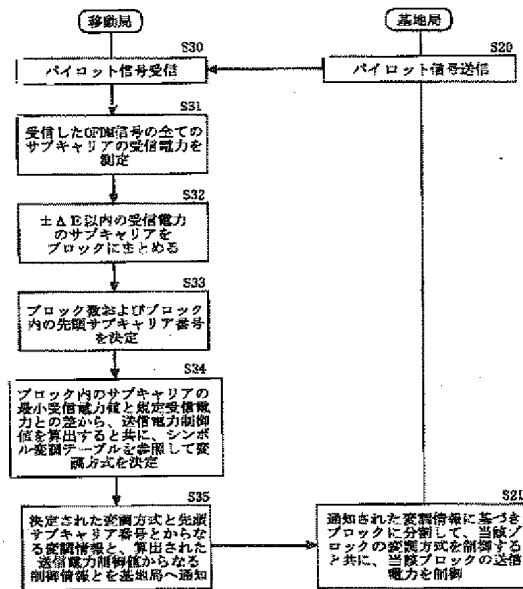
【図17】

ブロック番号	最小値	規定受信電力値 (しきい値)	変調方式
1	$ E_{mod4-EB1} $	$E_{mod4}$	16QAM
2	$ E_{mod4-EB2} $	$E_{mod4}$	16QAM
3	$ E_{mod2-EB3} $	$E_{mod2}$	QPSK
4	$ E_{mod1-EB4} $	$E_{mod1}$	BPSK
b	-	-	-
6	$ E_{mod1-EB6} $	$E_{mod1}$	BPSK
7	$ E_{mod4-EB7} $	$E_{mod4}$	16QAM
8	$ E_{mod4-EB8} $	$E_{mod4}$	16QAM

【図20】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD17 DD23 DD33  
 5K067 AA02 CC01 CC02 DD27 DD44  
 EE02 EE10 EE61 GG08 GG09  
 HH21 HH22